

Pembuatan katalis dari abu terbang untuk pirolisis plastik menjadi bahan bakar cair

Meike Jonathan , Hokliansyah, Sandy Budi Hartono dan Suryadi Ismadji

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl.Kalijudan 37, Surabaya-60114, Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Tingkat pertumbuhan kesejahteraan dalam masyarakat modern selama beberapa dekade membawa peningkatan yang besar dalam produksi berbagai macam komoditas. Plastik merupakan salah satu bahan dengan pertumbuhan yang cepat karena dipergunakan secara luas seperti: peralatan rumah tangga, pertanian, konstruksi, pengemasan, dan lain-lain [1]. Bahan-bahan yang terbuat dari plastik ini, bila telah rusak atau selesai digunakan akan dibuang sebagai sampah. Sampah plastik berbeda dengan sampah organik, sampah plastik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme di dalam tanah sehingga akan menjadi sumber pencemaran lingkungan [2]. Berbagai alternatif untuk mengolah sampah plastik yaitu: penimbunan di dalam tanah (75%) dan pembakaran dengan energi yang diperoleh kembali (14%). Pembakaran merupakan alternatif untuk mengurangi sampah. Pembakaran yang menghasilkan partikel padat & gas diatur dengan peraturan daerah untuk mengontrol lingkungan. Pembakaran sering dipertanyakan karena berbagai macam gas yang dihasilkan (dioxins, furans, PCBs, dan lain-lain) bersifat racun. Alternatif lain yaitu: penimbunan, tetapi lahan yang tersedia untuk penimbunan sampah plastik sangat terbatas. Alternatif yang dipertimbangkan untuk mengurangi dampak lingkungan dari sampah plastik adalah pembuatan plastik yang dapat di daur ulang. Daur ulang sampah dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu: daur ulang mekanis bertujuan untuk mengubah kembali bahan baku plastik yang dapat dipakai. Plastik hasil daur ulang biasanya diolah lagi karena kualitasnya rendah. Daur ulang bahan baku dapat dilakukan dengan mengubah sampah plastik menjadi senyawa kimia yang berguna atau bahan bakar. Daur ulang bahan baku dari sampah plastik menjadi bahan bakar dengan pemecahan katalis telah dipelajari oleh beberapa peneliti [1]. Katalis yang dapat digunakan untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar cair antara lain adalah HZM-5 zeolite [3], Amorphous $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan MCM-41 [4]. Katalis-katalis tersebut di atas biaya bahan baku & pembuatannya cukup mahal, sehingga dicari alternatif bahan katalis lain yang cukup murah yaitu dengan abu terbang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pirolisis juga sering disebut *cracking* merupakan proses pemecahan suatu senyawa dengan rantai panjang untuk memperkecil berat molekul hidrokarbon dengan memutuskan ikatan molekulnya. Proses *cracking* dibagi menjadi *thermal cracking*, yaitu *cracking* dengan perlakuan panas dan *catalytic cracking*, yaitu *cracking* dengan bantuan katalis [5]. Pirolisis sangat cocok untuk memperoleh bahan bakar minyak dan mendapatkan kembali monomer dari sampah plastik, di samping itu juga pirolisis mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan teknologi pembakaran karena dapat mengurangi polusi. Teknologi pirolisis ini lebih menarik dibanding teknologi yang lain bagi beberapa negara yang mengimpor minyak dalam jumlah besar karena pirolisis dapat membuat minyak ringan yang dapat digunakan secara langsung untuk bahan bakar industri [6]. Hasil pirolisis berupa gas, cair dan padatan yang sering disebut char.

Pirolisis mempunyai beberapa keuntungan antara lain [7]:

1. mempunyai potensi yang tinggi untuk proses daur ulang
2. efisiensi proses yang tinggi
3. menguraikan padatan karbon ke dalam gas-gas yang mudah terbakar.

3. METODOLOGI PERCOBAAN

3.1. Rancangan Percobaan

Dalam percobaan ini, bahan baku yang digunakan berupa batubara yang dibakar di dalam muffle furnace, sehingga terbentuk abu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan katalis. Abu yang telah terbentuk kemudian dicampur dengan larutan basa dengan perbandingan konsentrasi tertentu, selanjutnya

disaring dan dikeringkan. Katalis abu yang terbentuk dicampur dengan sampah plastik (botol/gelas air mineral) dan dipirolisis.

Dalam percobaan ini larutan basa yang digunakan adalah NaOH, KOH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi 1M, 2M dan 3M untuk variasi perbandingan jumlah massa abu terbang.

3.2. Bahan

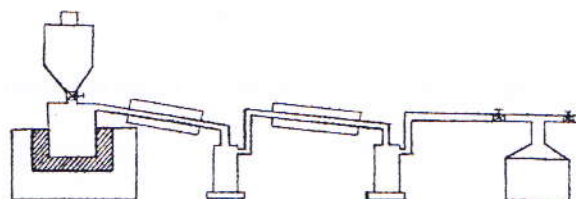
- Sampah plastik (botol / gelas air mineral)
- NaOH
- KOH
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Aquades
- Batubara

3.3. Alat dan Rangkaian alat

3.3.1. Alat

- Seperangkat alat pirolisis
- Oven / muffle furnace
- Beaker glass
- Batang pengaduk
- Neraca analitis

3.3.2. Rangkaian alat



Keterangan :

1. Tempat sampel
2. Hopper
3. Jacket
4. Kondensor
5. Penampung tar
6. Penampung gas

Gambar 1. Rangkaian alat pirolisis

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Pembuatan katalis

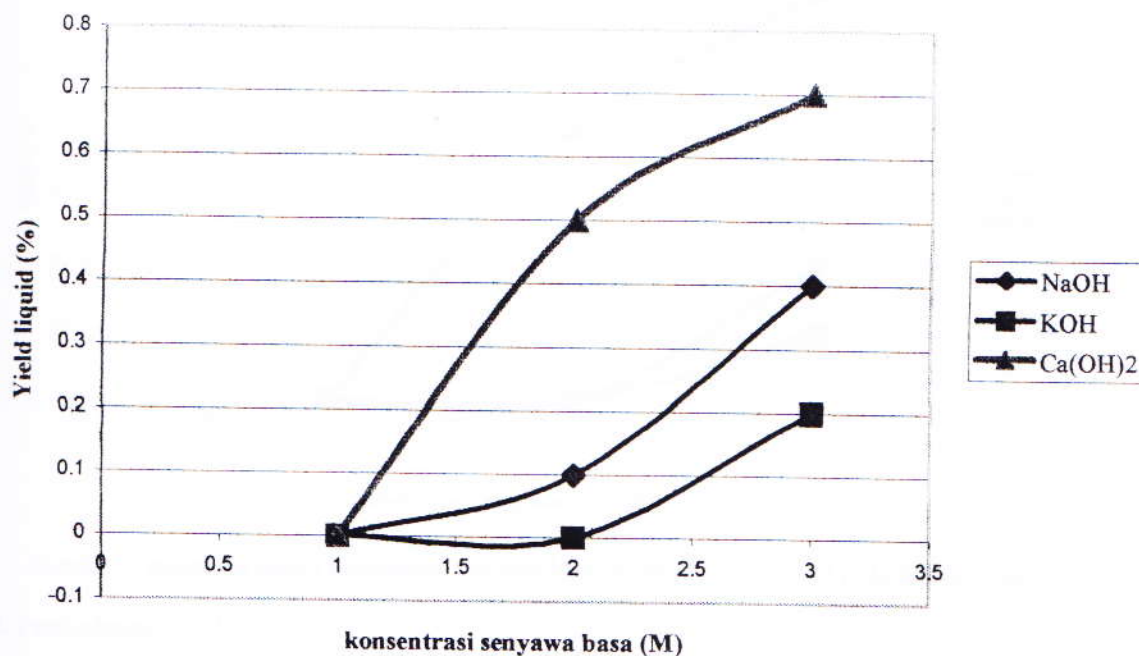
- 1) Batubara dibakar di dalam muffle furnace sampai terbentuk abu
- 2) Abu yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam desikator
- 3) Dibuat larutan NaOH dengan konsentrasi yang berbeda. Dengan cara menimbang terlebih dahulu NaOH sebanyak gram dengan neraca kasar.
- 4) NaOH yang sudah ditimbang kemudian dilarutkan dengan aquades sebanyak ml
- 5) Abu terbang dengan larutan basa yang telah dibuat kemudian dicampur menjadi satu di dalam beaker glass. Kemudian didiamkan selama 1 hari.
- 6) Campuran abu dengan larutan basa selanjutnya disaring, dan dikeringkan.
- 7) Percobaan diulangi untuk senyawa basa yang lain

3.4.2. Pengujian keaktifan katalis abu

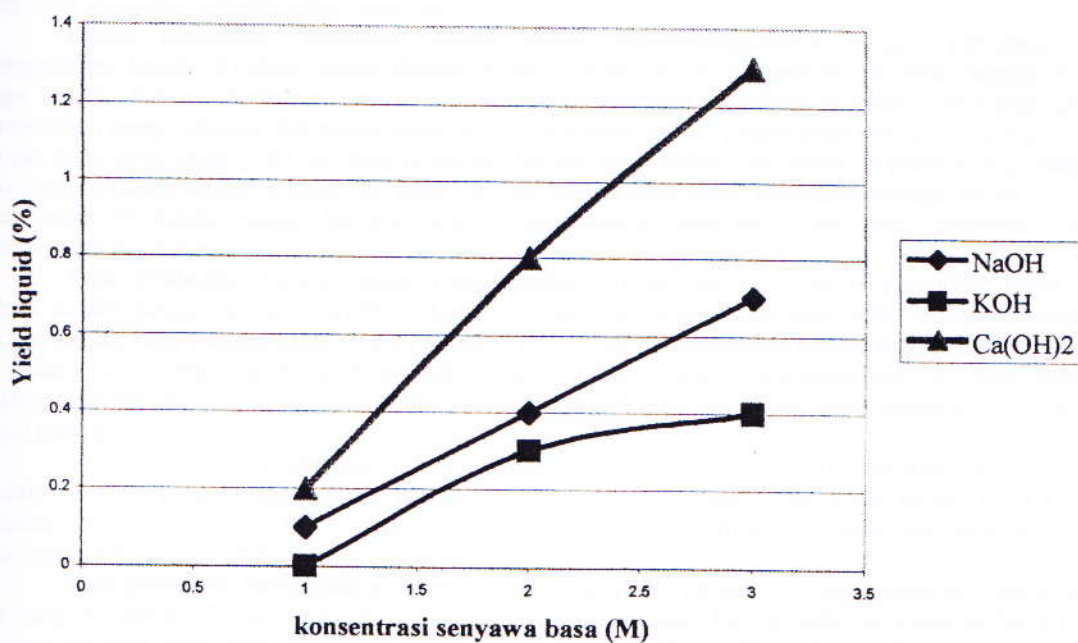
- 1) Alat dirangkai dengan benar dan dikencangkan dengan lem silicon yang tahan panas
- 2) Pemanas dihidupkan dan suhu diatur, kemudian ditunggu sampai suhu konstan
- 3) Sampah plastik dan katalis abu dicampur dengan perbandingan 9:1 kemudian dimasukkan ke dalam hopper.
- 4) Bahan volatile yang terbentuk ditampung pada penampung tar, dan sebagian yang tidak terkondensasi berupa gas akan ditampung pada penampung gas
- 5) Proses dihentikan bila tidak ada lagi tar maupun gas yang terbentuk
- 6) Setelah proses selesai, retort dibuka dan dibersihkan, tar yang diperoleh dicatat volumenya dan diukur densitasnya.

4. HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

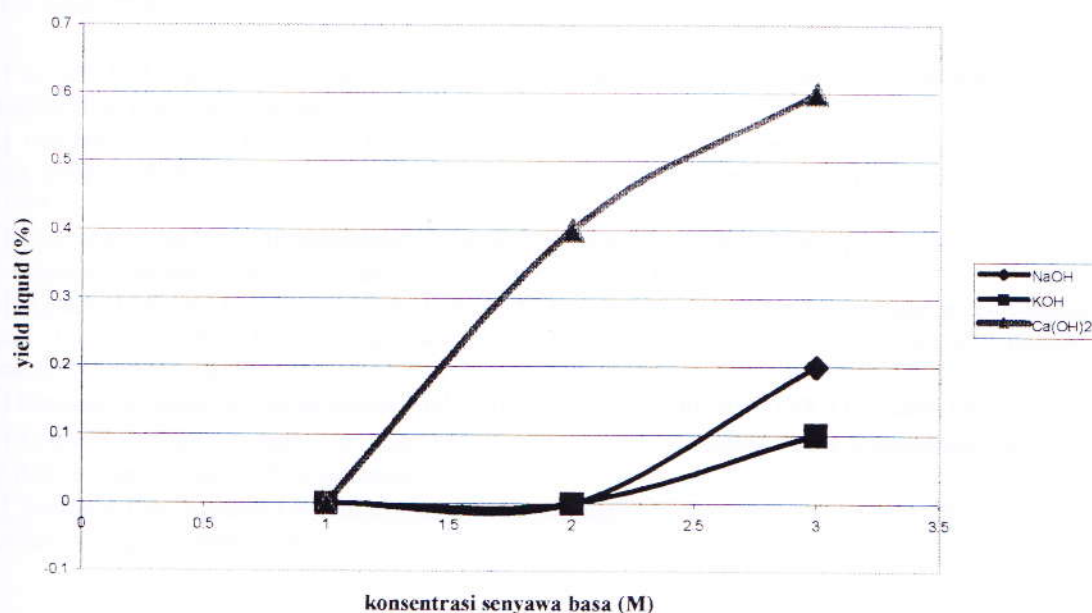
4.1. Hasil percobaan



Gambar 2. hubungan antara konsentrasi senyawa basa dengan % yield liquid pada perbandingan 1:6



Gambar 3. hubungan antara konsentrasi senyawa basa dengan % yield liquid pada perbandingan 1:9



Gambar 4. hubungan antara konsentrasi senyawa basa dengan % yield liquid pada perbandingan 2:5

4.2. Pembahasan

Pada percobaan pembuatan katalis abu terbang dengan menggunakan larutan Ca(OH)_2 , NaOH dan KOH. Dalam proses pirolisis yang menggunakan katalis untuk memperoleh jumlah tar yang lebih banyak yang akan digunakan sebagai bahan bakar cair.

Dalam percobaan digunakan katalis untuk membandingkannya dengan percobaan tanpa menggunakan katalis. Pirolisis plastik dengan menggunakan katalis memperoleh tar lebih banyak daripada tanpa katalis. Hal ini disebabkan karena katalis untuk mencegah terjadinya *secondary cracking* sehingga menurunkan energi aktivasi dan menurunkan suhu. Pada suhu 500 °C plastik akan terurai menjadi gas karena dengan suhu yang tinggi yield gas yang dihasilkan banyak pula. Dalam percobaan ini produk yang diinginkan dari pirolisis plastik adalah produk cair sebab produk cair tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar cair. Oleh sebab itu katalis sangat berperan untuk meningkatkan hasil tar /liquid yang diinginkan dengan memperkecil produk gas.

Pada pembuatan katalis dengan menggunakan larutan Ca(OH)_2 , NaOH dan KOH dapat dilihat bahwa katalis dengan larutan Ca(OH)_2 dapat menghasilkan produk cair yang lebih banyak dibandingkan dengan katalis yang menggunakan NaOH maupun KOH. Hal ini disebabkan karena mudah menempelnya ion Ca^{2+} daripada ion Na^+ dan K^+ pada permukaan abu terbang. Dengan banyaknya ion Ca^{2+} yang menempel pada permukaan abu terbang dapat memberikan keefektifan katalis yang lebih besar dalam memperoleh yield liquid pada proses pirolisis.

Bila dilihat dari konsentrasi larutan, maka semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin banyak jumlah ion Ca^{2+} yang terdapat dalam larutan tersebut. Dengan semakin banyaknya jumlah ion Ca^{2+} maka semakin banyak pula ion Ca^{2+} yang menempel pada permukaan abu terbang sehingga memberikan keefektifan katalis yang lebih besar.

Pada percobaan menggunakan 3 perbandingan yaitu 1:9, 1:6 dan 2:5. untuk membandingkan produk cair yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah plastik maka semakin banyak pula peruraian molekul polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana dalam proses pirolisis. Dapat dilihat dari grafik, pada perbandingan 1:9 menghasilkan yield liquid yang lebih banyak dibandingkan dengan perbandingan 1:6 dan 2:5.

5. KESIMPULAN

Hasil percobaan pirolisis sampah plastik dengan menggunakan katalis abu terbang dapat disimpulkan sebagai berikut:

- katalis abu terbang dapat dipergunakan untuk pirolisis plastik menghasilkan bahan bakar cair
- Ca(OH)_2 menghasilkan produk liquid yang lebih banyak dibandingkan NaOH dan KOH
- Perbandingan 1:9 menghasilkan produk liquid yang lebih banyak

REFERENSI

- [1] Serrano.D.P, Aquado.J, Escola.J.M, "Catalytic Cracking of a polyolefin mixture over different acid solid catalysts", *Ind.Eng.Chem.Res.*2000,39,1177-1184
- [2] Gaforth.A.A, Lin.Y.H, Sharrat.P.N, Dwyer.J,"Production of hydrocarbons by catalytic degradation of High density polyethylene in a laboratory fluidised-bed reactor", *Applied Catalysis A:General* 169 (1998) 331-342
- [3] Sharrat.P.N, lin.Y.H, "Investigation of the catalytic pyrolysis of high-density polyethylene over a HZSM-5 catalyst in a laboratory fluidized-bed reactor", *Ind.Eng.Chem.Res.*1997,36,5118-5124
- [4] Aguado.J, Sotelo.J.L, Serrano.D.P, Calles.J.A, Escola.J.M, "Catalytic Conversion of polyolefins into liquid fuels over MCM-41: Comparison with ZSM-5 and amorphous $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ", *Energy and Fuels*,1997,11,1225-1231
- [5] Herawati.S,"pirolisis sampah plastik", tahun II, no.III, hal3-4, *Jurnal IPTEK ITI*, maret,1996
- [6] Chung.S.H, Park.J.J, Jeon.S.G, Kim.D.C,"Pyrolysis of Waste Plastics Using Synthesized Catalysts from Fly Ash",*Korea Institute of Energy Research*,305-343,1999
- [7] Martin.E.J & Johnson.J.H,"Hazardous Waste Management Engineering", pp.282-283, Van Nostrand Reinhold Company, New York,1987



FACULTY OF ENGINEERING
Widya Mandala Surabaya
Catholic University

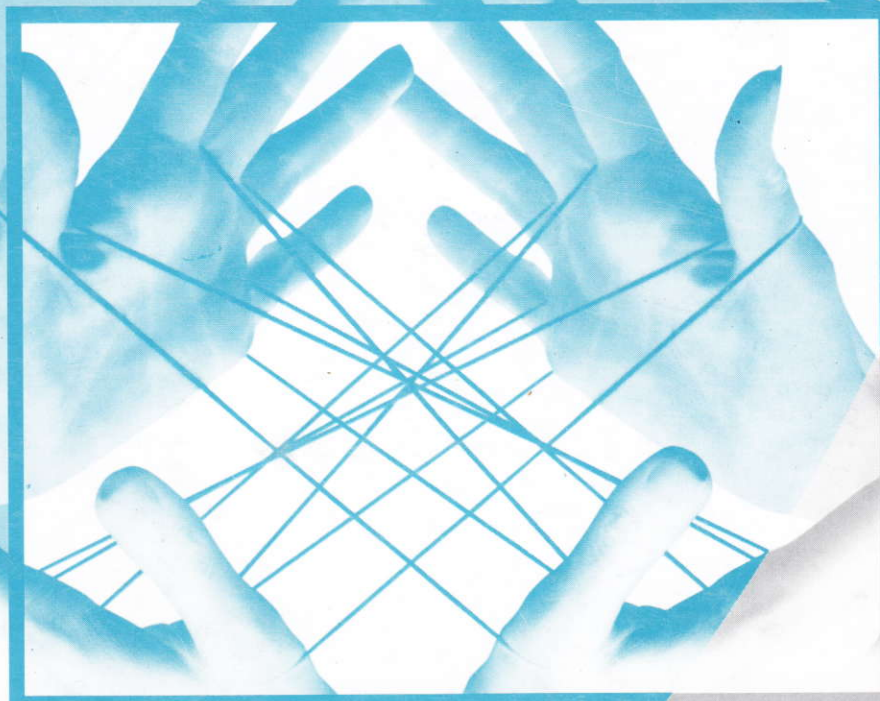
ISSN 1412-727X

proceeding of

NATIONAL CONFERENCE
**DESIGN AND
APPLICATION OF
TECHNOLOGY**

2003

Surabaya, June 30, 2003



ISSN 1412-727X

Proceedings of the
National Conference

Design and Application of Technology 2003

Organizing Committees

Hartono Pranjoto, Ph.D. - Chairman

Advisory Committees

Prof. Mudjijati, Ph.D.

Prof. Dr. P.K. Haryasudirja

Suryadi Ismadji, Ph.D.

Djoko Wirjawan, Ph.D.

Kuncoro Foe, Ph.D.

Filicia Wicaksana, Ph.D. Cand

Aslianawati, Ph.D. Cand

Wafya Andyardja, Ph.D. Cand

Saratno Lourentius, Dr. Cand

Dian Retno Sari Dewi, M.T.

Content

Papers Section 2

Product-driven engineering: an illustration example from food industry <i>I. H. Kusnanto and I. Harsono</i>	1
Multi-step predictive control for a nonlinear CSTR <i>Iwan Harsono and Herman Hindarso</i>	5
Analisa gas chromatografi untuk penentuan kadar terpineol dari pine oil <i>Sudarno Fado dan Abdullah</i>	12
Effisiensi tray tanpa downcomer pada destilasi air-asam asetat <i>Ageng Ruzmito, Abassato, Hardyansyah Anwar dan Anik Rumiya</i>	18
Kontaktivitas termal bahan isian dalam kolom unggun tetap <i>Semadi, Christina Dewi Irianti dan Eka Wibisono</i>	23
Desorpsi phenol dari karbon aktif dengan metode regenerasi air panas <i>Dewi Silacheta, Mela Agustin, Wenny Irawati dan Suryadi Ismadji</i>	27
Karakterisasi struktur mikro dan ketahanan lelah baja poros DIN 42CrMo4 hasil nitridasi dengan plasma <i>Herwanto, Viktor Malau dan Tjipto Sujitno</i>	32
Pengaruh proses pelengkungan terhadap struktur mikro dan distribusi kekerasan pelat ketel "grade C" <i>Herwanto</i>	37
Pencarian variabel utama dan interaksi antar variabel dalam proses pemisahan karbon dari kertas <i>Herwanto, Wicaksono dan Jemmy Sugandhi L.</i>	42
Supercritical fluid extraction of compounds from natural products <i>Semadi Ismadji</i>	48
Pencarian kadar logam berat Cr(VI) dengan Algae <i>Chlorella Pyrenoidosa</i> <i>Herwanto, Lityanto, Adriana Anteng Anggorowati dan Suryadi Ismadji</i>	52
Preliminary detergent plant design based fatty alcohol and glucose <i>Iwan Utomo, Paulin Sucipto, Marlin Silviana and Yohannes Ervan</i>	57
Pengaruh katalis dari abu terbang untuk pirolisis plastik menjadi bahan bakar cair <i>Herwanto, Hokliansyah, Sandy Budi Hartono dan Suryadi Ismadji</i>	63
Pengaruh polihidroksibutirat dengan <i>rhodobacter sphaeroides</i> dan <i>pseudomonas putrefaciens</i> menggunakan asam asetat sebagai sumber karbon <i>Herwanto</i>	68
Pengaruh jenis katalis basa NaOH, KOH, dan K_2CO_3 dan kejenuhan minyak nabati dalam pembuatan biodiesel hasil transesterifikasi <i>Herwanto, Johan Utomo dan Grace Chandra</i>	71
Pengaruh limbah cair industri tahu dengan activated sludge dalam surface aerator <i>Herwanto, Sandy Budi Hartono, Devi Efono dan Nurlena</i>	77
Pengaruh secara anaerob menggunakan reaktor baffle dengan memakai abu dari bahan bakar sebagai adsorpsi pada pengolahan limbah crude palm oil <i>Herwanto, Legiso dan Eko Ariyanto</i>	81